

PCT/DE 99/02484

**BUNDE REPUBLIK DEUTSCHLAND**

EU

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



**09/763047**  
**Bescheinigung**

REC'D 17 NOV 1999	
WIPO	PCT

DE 99/2484

Die Siemens Aktiengesellschaft in München/Deutschland hat eine Patentanmeldung  
unter der Bezeichnung

"Verfahren zum Routen von Verbindungen in einem ATM-Netz"

am 17. August 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprüng-  
lichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig das Symbol  
H 04 L 12/56 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 30. September 1999

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Hiebinger

Aktenzeichen: 198 37 243.4

Best Available Copy





## Beschreibung

## Verfahren zum Routen von Verbindungen in einem ATM-Netz

- 5 Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Routen von Verbindungen in einem verbindungsorientierten Kommunikationsnetz, welches Vermittlungsknoten und Übertragungswege zwischen den Knoten enthält, wobei den Knoten Routingprozessoren zugeordnet sind und mit Hilfe eines Routing-Algorithmus in  
10 einem Routinsystem in Abhängigkeit von der Häufigkeit der Blockierungsereignisse der Übertragungswege eine Ausweichroute bestimmt wird.
- 

- Ein Verfahren dieser Art, allerdings bei einem leitungsvermittelnden Netz, ist in der AT 401 702 B der Anmelderin beschrieben. Dieses Dokument geht auch allgemein auf dynamische Routing-Verfahren und auf die damit verbundenen Nachteile, insbesondere den relativ hohen Aufwand ein und schlägt als Lösung vor, daß Blockaden direkter Übertragungswege erfaßt  
20 und aus deren Häufigkeit der Belegungszustand der Übertragungswege ermittelt wird. Es wird weiters erläutert, daß aus Zielverkehrsdaten durch den Einsatz eines Routing-Management Prozessors die Wahrscheinlichkeit der Belegung von Übertragungswegen off-line berechnet werden kann und sich für eine  
25 solche Berechnung beispielsweise der „Forward-Looking-Routing“ Algorithmus nach K. R. Krishnan, T. J. Ott in Forward-Looking Routing, A New State-Dependent Routing Scheme, Teletraffic Science for New Cost-Effective Systems, Networks and Services, ITC-12 (1989) eignet.

- 30 Das Verfahren nach der AT 401 702 B berücksichtigt jedoch nur Verbindungen gleicher und konstanter Bandbreite, wie sie für herkömmliche Telefonverbindungen typisch sind, wobei z. B. die Bandbreite einer Verbindung 64 kbits/s beträgt. Für ATM-  
35 Netze (Asynchronous Transfer Mode) ist hingegen eine konstante Bitrate der Ausnahmefall, denn Verbindungen können entsprechend der Verbindungswünsche der Teilnehmer mit unter-

5 schiedlicher und zeitlich variabler Bandbreite durchgeführt werden. Neben der gewünschten Bandbreite, z. B. 1 Mbit/s, enthalten Verbindungsanforderungen von Teilnehmern oft auch noch Information hinsichtlich der geforderten Verbindungsqualität.

ATM ist eine Netzwerktechnologie, die zum Transport beliebiger digitaler Information, wie reine Daten, Sprach- und Videodaten etc. geeignet ist, wobei die Bezeichnung ATM gelegentlich als Synonym für B-ISDN (= Broadband Integrated Services Digital Network) verwendet wird. Charakteristisch für ATM ist die Strukturierung in Zellen gleicher Länge. Die zu vermittelnde Information wird auf ATM-Zellen aufgeteilt, nämlich in Pakete zu 53 Byte, die einen Zellenkopf (Header) mit 5 Byte und Nutzinformation (Payload) zu 48 Byte tragen. Dabei identifiziert die Kopfinformation eine bestimmte virtuelle Verbindung. Im Gegensatz zu beispielsweise einem TDMA-Verfahren, bei welchem Zeitschlitzte verschiedenen Typen von Datenverkehr im vorhinein zugeordnet sind, wird der bei einer ATM-Schnittstelle ankommende Datenverkehr in die erwähnten 53-Byte-Zellen segmentiert und diese Zellen werden sequentiell, so wie sie erzeugt wurden, weitergesandt. Nähere Einzelheiten zu ATM sind der Literatur entnehmbar. Beispielsweise sei hier genannt: „ATM-Networks, Concepts, Protocols and Applications“, von Händel, Huber und Schröder, Verlag Addison-Wesley-Longman, 2. Aufl. 1994 (ISBN 0-201-42274-3).

Für ATM-Netze wurden seitens des ATM-Forums im Rahmen der sogenannten PNNI-Spezifikationen (PNNI = Private Network Node Interface, ATM Forum af-pnni-0055.000: PNNI V1.0; af-pnni-0066.000: PNNI V1.0 Addendum) Verfahren vorgeschlagen, welche einem Routingalgorithmus die in den ATM-Knoten jeweils zuletzt gemessenen Verkehrswerte zur Verfügung stellen. Dabei müssen alle ATM-Knoten zu durch den Algorithmus definierten Zeitpunkten die eigenen Verkehrswerte messen und an alle anderen Knoten innerhalb einer Gruppe nach einem sogenannten „Flooding“-Algorithmus weitergeben. Dadurch werden aber gera-

de in Hochlastsituationen die Netzressourcen durch den Daten-  
Meß- und Verteilalgorithmus besonders stark belastet, wodurch  
dieses Verfahren, das eigentlich das Problem der Suche nach  
günstigen Übertragungswegen bei hoher Verkehrsbelastung lösen  
5 sollte, selbst eine zusätzliche, gerade bei hoher Verkehrsbe-  
lastung nicht erwünschte und beträchtliche Belastung des  
Netzes bringt. In diesem Zusammenhang sei noch auf U. Grem-  
melmaier, J. Püschner, M. Winter and P. Jocher, „Performance  
Evaluation of the PNNI Routing Protocol using an Emulation  
10 Tool“, ISS 97 XVI World Telecom Congress Proceedings, pp 401  
- 408 verwiesen.

---

Eine Aufgabe der Erfindung liegt darin, ein Routingverfahren  
anzugeben, welches in ATM-Netzen eine optimale Ausnutzung der  
15 Übertragungsnetze gewährleistet.

Diese Aufgabe wird, ausgehend von einem Verfahren der ein-  
gangs genannten Art dadurch gelöst, daß erfindungsgemäß in  
den Routingprozessoren von Teilnehmern einlangende ATM-Ver-  
20 bindungsanforderungen hinsichtlich der eingestellten Route  
überprüft werden, bei Nichtverfügbarkeit dieser Route für die  
spezifische Verbindungsanforderung eine negative Entscheidung  
gemeldet und an das Routingsystem eine Überlaufmeldung abge-  
geben wird, welche auch die zugehörige Zellraten-Anforderung  
25 des Teilnehmers sowie den aktuellen Füllzustand des Übertra-  
gungsweges enthält, und die Ausweichroute unter Berücksichti-  
gung der Häufigkeit der Überlaufmeldungen für bestimmte Zell-  
raten-Anforderungen von anderen Routen die Ausweichroute be-  
stimmt wird.

30

Die Erfindung wertet somit jene Verbindungswunsch-Ereignisse  
aus, bei denen es zuvor nicht gelang, die gewünschte Trans-  
portkapazität auf einem vorgegebenen Übertragungsweg zwischen  
Quellknoten und Zielknoten bereitzustellen, und liefert dem  
35 Routingsystem auch Informationen betreffend die Zellraten-  
Anforderung des Teilnehmers und den aktuellen Füllzustand des  
Übertragungsweges, wodurch es dem Routingsystem ermöglicht

wird, geeignete, aus zwei oder mehreren Teilstrecken bestehende Alternativwege zu ermitteln.

Bei einer sehr wirkungsvollen Variante der Erfindung ist  
5 vorgesehen, daß aus den Überlaufereignissen ein Histogramm  
der Überlaufereignisse über der angeforderten Zellrate ange-  
fertigt und/oder aktualisiert wird und aus diesem Histogramm  
unter Zuhilfenahme einer bekannten und vorgegebenen Wahr-  
scheinlichkeitsverteilung der Zellraten-Werte aller Verbin-  
10 dungswünsche ein aktueller Wert des Füllzustandes für den  
betroffenen Übertragungsweg näherungsweise berechnet wird.  
~~Dabei wird vorausgesetzt, daß die Wahrscheinlichkeitsvertei-~~  
lung der Zellraten-Anforderungen der Gesamtheit aller Verbin-  
dungswünsche auf dem betroffenen Übertragungsweg langfristig  
15 konstant oder vorhersagbar zeitlich veränderlich sind. Die  
Histogramme werden zweckmäßigerweise in einer regionalen  
Routingsteuerung für sämtliche Übertragungswege einer Region  
erstellt, da dies rasch und mit vergleichsweise geringem  
Aufwand erfolgen kann. Zu vorgegebenen Zeitpunkten können die  
20 Histogramme seitens regionaler Routingsteuerungen untereinan-  
der ausgetauscht werden, um diese Information letztlich dem  
gesamten Netz zur Verfügung zu stellen.

Weiters empfiehlt es sich, wenn die in einer regionalen Rou-  
25 tingsteuerung bestimmte Ausweichroute dem Quellknoten bzw.  
einem ihm zugeordneten Routingprozessor übermittelt wird.

Zur Erhöhung der Genauigkeit der Berechnung der aktuellen  
Füllzustände kann vorgesehen sein, daß die Überlaufmeldung  
30 weitere, die Art der angeforderten Verbindung betreffende  
Parameter enthält. Insbesondere kann die Überlaufmeldung  
einen Qualitätsparameter enthalten.

Da erfahrungsgemäß Überlaufereignisse kaum singulär sondern  
35 meist gehäuft auftreten, kann es in vielen Fällen ökonomisch  
sein, wenn entsprechend von Vorgaben des Routingsystems le-

diglich ein bestimmter Anteil der Überlaufereignisse an das Routingsystem gemeldet wird.

5 Eine Erhöhung der Genauigkeit der Berechnung läßt sich auch erreichen, wenn zusätzlich zu den Überlaufmeldungen zu vorgegebenen Zeitpunkten Statusmeldungen an das Routingsystem abgegeben werden. Dabei können die Statusmeldungen den Ist-Füllzustand der Übertragungswege beinhalten.

10 Von Vorteil kann es sein, wenn die Meldung einer negativen Entscheidung ab einem vorgebbaren Füllzustand der Route auch ~~für solche Verbindungswünsche erfolgt, deren Zellraten-An-~~  
forderungen bei diesem Füllzustand erfüllbar wären. Falls nämlich ein Übertragungsweg ständig oder häufig einen Be-  
15 stimmten Füllzustand und daher nur noch eine bestimmte verfügbare freie Transportkapazität (AvCR = Available Cell Rate) aufweist, würden sämtliche Verbindungswünsche mit einer Zellrate, die über dieser freien Transportkapazität liegen zurückgewiesen, Verbindungswünsche mit kleiner Zellrate würden  
20 jedoch immer zugelassen und wieder freie Transportkapazität belegen, sodaß letztlich Verbindungen mit hoher Zellrate nie oder nur sehr selten erfolgen könnten. Die genannte Maßnahme führt eine „Fairness“ ein, welche das Ungleichgewicht in der Bevorzugung zwischen Verbindungswünschen mit kleiner Zellrate  
25 und solchen mit hoher Zellrate auszugleichen vermag.

Es kann dabei vorgesehen sein, daß Meldungen negativer Entscheidungen bei an sich erfüllbaren Zellraten-Anforderungen nach einem vorgebbaren, z. B. einem pseudostochastischen  
30 Muster erfolgen. Auf diese Weise kann man die zuvor erwähnte „Fairness“ qualifiziert gewichten. Beispielsweise kann man jede zweite oder dritte Anforderung mit niedriger Zellrate zurückweisen.

35 Die Erfindung samt weiterer Vorteile ist im folgenden an Hand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. In dieser zeigen

Fig. 1 schematisch ein ATM-Übertragungsnetz mit einem Routingsystem und

5 Fig. 2 den Zusammenhang zwischen verschiedenen Zellraten in einem Diagramm

Gemäß Fig. 1 enthält ein ATM-Kommunikationsnetz ANE Vermittlungsknoten  $K_1$ ,  $K_j$  und zwischen den Knoten Übertragungswege  $U_{ij}$ . Übertragungswege zwischen Knoten werden als sogenannte  
10 ATM-VPC oder virtuelle Pfade (VPC = Virtual Path Connections) realisiert. Dabei handelt es sich um logische Verbindungen zwischen beliebigen und auch nicht benachbarten Knoten. Eine Anzahl von Knoten kann zu einer Domäne zusammengefaßt sein,  
15 wie in Fig. 1, in der zwei Domänen DOA, DOB gezeigt sind, zwischen welchen virtuelle Pfade VPC bestehen. Den Knoten  $K_i$  sind Routingprozessoren  $RP_i$  zugeordnet. Diese können unter anderem Überlaufmeldungen uem an ein Routingsystem RSY senden, welches im vorliegenden Fall mehrere Routingsteuerungen  
20 RCP 1 .... RCP N besitzt, wobei die einzelnen Routingsteuerungen über Satelliten SAT Informationen austauschen können. Zwischen ATM-Netz ANE und Routingsteuerungen RCP 1 ... RCP N ist noch ein Signalisierungs- und/oder Datennetz SDN gelagert.

25

Die Routingprozessoren  $RP_i$  werden in diesem Ausführungsbeispiel zur Vereinfachung der Darstellung als eigene Einheiten dargestellt, es soll jedoch darauf hingewiesen werden, daß es nicht maßgeblich ist, wo sich die Routingprozessoren tatsächlich befinden oder ob jedem Knoten genau ein Routingprozessor  
30 zugeordnet ist und ob die Routingsprozessoren „Bestandteile“ der Knoten sind. Maßgeblich für den Begriff „Routingprozessor“ in der hier verwendeten Bedeutung sind die Aufgabe und die Funktion der Routingprozessoren.

35

Zu den Routingprozessoren  $RP_i$  gehört in der Regel auch eine Verbindungs-Zugangssteuerung  $CAC_i$  ( $CAC$  = Connection Admission



Control)), welche letztlich die Entscheidung liefert, ob die gewünschte Transportkapazität auf einem vorgegebenen Übertragungsweg zwischen einem Quellknoten  $K_q$  und einem Zielknoten  $K_z$  bereitgestellt werden kann, wobei ein Teilnehmer  $TN_q$  als Ursprungs- oder Quellteilnehmer und ein Teilnehmer  $TN_z$  als Zielteilnehmer schematisch in Fig. 1 eingezeichnet sind.

Nun sollte während eines Aufbaus einer Transportverbindung in einem ATM-Netz ein intelligenter Routingalgorithmus durch eine netzweite Analyse der freien Transportkapazitäten der in Frage kommenden Teilstrecken eine oder mehrere optimale Transportrouten errechnen können. Die Spezifikationen des ATM-Forums, welche für alle Forum-Mitglieder über den http server, [www.atmforum.com](http://www.atmforum.com) erhältlich sind, enthalten hinsichtlich der Zellraten und Transportkapazitäten die folgenden Begriffsbestimmungen und Abkürzungen, die im folgenden unter Zuhilfenahme der Fig. 2 erläutert sind.

- AvCR (Available Cell Rate) ist die freie Transportkapazität auf einem Übertragungsweg
- MaxCR (Maximum Cell Rate) ist die maximale Transportkapazität auf einem Übertragungsweg.
- SCR (Sustainable Cell Rate) ist eine obere Grenze für die mittlere angeforderte Bandbreite einer VBR (Variable Bit Rate) Verbindung. Im Falle einer CBR (Constant Bit Rate) Verbindung ist SCR mit PCR (Peak Cell Rate) gleichzusetzen. Im Falle einer ABR (Available Bit Rate) Verbindung kann SCR mit MCR (Minimum Cell Rate) identifiziert werden.
- ASR (Aggregate Sustained Rate) ist die Summe der SCR (bzw. PCR oder MCR) der aktiven Verbindungen.
- CRM (Cell Rate Margin) ist ein „Sicherheitsbereich“, der dafür sorgt, daß Bitraten-Schwankungen in aktiven Verbindungen zu keinen unakzeptablen Zell-Verlusten oder Verzögerungen führen.
- AAC (Actual Allocated Capacity) ist die als belegt zu betrachtende Transportkapazität eines Übertragungsweges.

Das Routingsystem sollte nun mit ausreichender Genauigkeit Informationen über den aktuellen Füllzustand, d. h. den ASR-Wert, sämtlicher Übertragungswege besitzen, um optimale Routen wählen zu können. Wie zuvor erwähnt würde aber insbesondere in großen Netzen das häufige Messen, Sammeln und Verteilen der benötigten Daten zu unverhältnismäßig hohen Verarbeitungs- und Übertragungsanforderungen führen, wobei dafür zusätzliche Netzkapazitäten erforderlich wären.

10

Das im folgenden beschriebene Verfahren nach der Erfindung ~~bezweckt demgegenüber, die aktuellen ASR-Werte der kritischen, d. h. der am stärksten belasteten Übertragungswege mit~~ geringem Aufwand zu ermitteln und dem Routingsystem zur Verfügung zu stellen.

15

Wenn ein Verbindungswunsch, von einem Quellteilnehmer  $TN_q$  ausgehend bei dem Knoten  $K_q$ , dem Quellknoten einlangt, wird in dem Knoten bzw. einem zugehörigen Routingsprozessor  $RP_q$  dieser Verbindungswunsch hinsichtlich der eingestellten Route zu dem vorgegebenen Zielknoten  $K_z$  überprüft. Dazu ist anzumerken, daß in bzw. bei jedem Knoten Routingtabelle(n) vorliegen, welche vorgegebene Übertragungswege zu anderen Knoten enthalten.

25

Falls nun die für die spezifische Verbindungsanforderung vorgesehene Route nicht verfügbar ist, da die angeforderte Bandbreite, z. B. die SCR mit der auf diesem Übertragungsweg noch vorhandenen freien Transportkapazität  $AvCR$  nicht in Einklang zu bringen ist, wird eine negative Entscheidung gemeldet und eine Überlaufmeldung  $uem$  abgegeben. Diese Meldung eines sogenannten Überlaufereignisses wird dem Routingsystem  $RSY$  bekanntgegeben, wobei wesentlich ist, daß diese Meldung  $uem$  auch die dem Überlaufereignis zugrunde gelegene Zellratenanforderung des Teilnehmers  $T_q$  enthält, d. h. die angeforderte Bandbreite, und weiters den aktuellen Füllzustand des Übertragungswege, somit den ASR-Wert.

35

In dem Routingsystem werden diese, mit Überlaufmeldungen gelieferten Werte gesammelt und ausgewertet, wodurch das Routingsystem geeignete, aus mehreren Teilstrecken bestehende Alternativwege ermitteln kann. Zur Verarbeitung der dem Routingsystem zur Verfügung gestellten Informationen zum Zwecke der Bestimmung von Ausweichrouten gibt es dann natürlich eine Vielfalt von Möglichkeiten.

10 Eine sehr wirkungsvolle Variante sieht dabei vor, daß ein Histogramm der Überlaufereignisse über der angeforderten Zellrate angefertigt bzw. aktualisiert wird. Wenn weiters  
eine Wahrscheinlichkeitsverteilung der Zellratenwerte aller Verbindungswünsche bekannt ist, kann unter Zuhilfenahme dieser Wahrscheinlichkeitverteilung für den betroffenen Übertragungsweg ein aktueller Wert des Füllzustandes d. h. des ASR-Wertes, näherungsweise berechnet werden.

20 Es ist weiters zu bedenken, daß Überlaufereignisse kaum vereinzelt, sondern fast immer gehäuft, d. h. eines nach dem anderen auftreten. Diese Tatsache nutzend kann man vorsehen, daß entsprechend einer Vorgabe des Routingsystems RSY nicht jedes Überlaufereignis an das Routingsystem gemeldet wird, sondern z. B. nur jedes zweite, dritte etc., ganz allgemein  
25 ein bestimmter Anteil, der dem Routingsystem, da von diesem vorgegeben, auch bekannt ist und bei der folgenden Berechnung zu berücksichtigen ist.

30 Ein wesentlicher Aspekt der Erfindung liegt auch darin, daß die Überlaufereignisse nicht in den Knoten  $K_i$  des ATM-Netzes ausgewertet sondern an regionale Routingsteuerungen RCP 1 ... RCP N weitergeleitet werden. Jede regionale Routingsteuerung erstellt die Histogramme für sämtliche Übertragungswege ihrer Region und kann dann die Verkehrsbelastung auf diesen Übertragungswegen näherungsweise abschätzen. Damit diese regional  
35 bekannten Daten dem gesamten Netz zur Verfügung stehen, müssen die regionalen Routingsteuerungen RCP 1 ... RCP N die für

die Verkehrsbelastung spezifischen Daten in geeigneten Abständen untereinander austauschen, was z. B. über ein getrenntes Netz SDN (Fig. 1) und/oder über Satelliten erfolgen kann. Unter einer „Region“ kann eine in Fig. 1 schematisch  
5 dargestellte Domaine DOA, DOB verstanden werden.

Die jeweils zuständige Routingsteuerung RCP 1 ... RCP N kann auf Basis der ihr bekannten aktuellen Verkehrsbelastung auf allen Übertragungswegen im ATM-Netz ANE einen Routingalgorithmus durchführen, der die optimale Route für einen Verbindungswunsch liefert, und diese optimale Route wird dann dem  
10 Quellknoten  $K_q$  bzw. einem ihm zugeordneten Routingprozessor  $RP_q$  bekannt gegeben. Natürlich kann die Erfindung im Zusammenhang mit verteilten Routingalgorithmen ebenso wie für  
15 zentralisierte oder - wie eben beschrieben - regionalisierte Routingalgorithmen eingesetzt werden.

Um die Genauigkeit der Berechnung zu erhöhen, kann man vorsehen, daß die Überlaufmeldungen weitere Parameter enthalten,  
20 welche die Art der angeforderten Verbindung betreffende Parameter enthält. Beispielsweise enthalten Verbindungsanforderungen außer der benötigten Bandbreite, d. h. Zellrate, auch einen Qualitätsparameter („Quality of Service“), der unter anderem die maximale Verzögerung der Zellen betrifft.

25 Ein weiteres, für ATM-Netze spezifisches Problem kann sich ergeben, falls ein Übertragungsweg ständig einen sehr hohen Füllzustand, d. h. ASR-Wert aufweist. Dann werden nämlich Gesprächsanforderungen mit einer hohen Bandbreite, welche die  
30 freie Transportkapazität  $AvCR$  (die ja nun gering ist) übersteigt, immer zurückgewiesen und es werden nur Wünsche mit geringer Bandbreitenanforderung erfüllt. Diese füllen wieder den Übertragungsweg an und es ist klar, daß schließlich Verbindungswünsche mit hoher Bandbreitenanforderung keine Chance  
35 auf Erfüllung haben. Man kann hier eine „Fairness Politik“ beispielsweise dadurch einführen, daß ab einem vorgegebenen bzw. vorgebbaren Füllzustand des Übertragungsweges solche

Verbindungswünsche, deren Zellraten (Bandbreiten-)Anforderungen bei diesem Füllzustand an sich erfüllbar wären, zurückgewiesen werden, d. h. eine negative Entscheidung durch die Verbindungs-Zugangssteuerung CAC getroffen und gemeldet wird. Derartige Meldungen negativer Entscheidungen können nach einem vorgebbaren Muster erfolgen, das regelmäßig - z.B. jeder zweite oder dritte Verbindungswunsch wird zurückgewiesen - oder stochastisch bzw. pseudostochastisch - z. B. im Mittel wird ein bestimmter Prozentsatz der Verbindungswünsche zurückgewiesen - sein kann.

~~Eine genaue Berechnung des ASR-Wertes wird möglich, wenn dem~~  
Routingsystem nicht nur Überlaufereignisse gemeldet werden. Insbesondere können bestimmte Statusmeldungen, wie beispielsweise der Ist-Füllzustand der Übertragungswege zu vorgegebenen Zeitpunkten an das Routingsystem gesandt werden. Die Zeitpunkte können beispielsweise jene sein, die in den PNNI-Spezifikationen des ATM-Forums für das Versenden, nämlich das bereits eingangs erwähnte „Flooding“ der sogenannten „Topology State Packets“ vorgesehen sind. Das Routingsystem kann die Statusmeldungen sodann in die ASR-Berechnung mit einbeziehen und danach die Genauigkeit der ermittelten Werte verbessern.

Wenngleich es sich nicht um einen unmittelbaren Gegenstand der Erfindung handelt, soll kurz auf die Möglichkeiten für die Auswertung der erfindungsgemäß an das Routingsystem gelieferten Daten eingegangen werden. Wie bereits erwähnt, wird ein Histogramm angefertigt, welches auch Überlaufhistogramm genannt werden kann, da es für jeden Übertragungsweg die Überlaufereignisse in Abhängigkeit von der angeforderten, mit dem Überlaufereignis verbundenen Zellrate enthält.

Andererseits wird die Wahrscheinlichkeitsverteilung aller Verbindungswünsche, d. h. deren Zellratenwerte als bekannt vorausgesetzt. Man kann diese Verteilung über längere Zeiträume ermitteln und - falls erforderlich - natürlich immer

wieder aktualisieren. Durch wahrscheinlichkeitstheoretische Überlegungen kann ein mathematischer Zusammenhang angegeben werden, der es ermöglicht aus dem Histogramm der Überlaufereignisse und aus dem Histogramm der bekannten Zellraten der Verbindungswünsche näherungsweise einen aktuellen ASR-Wert zu berechnen. Für den Fall herkömmlicher Telefonverbindungen wurde ein entsprechendes Berechnungsverfahren in „Performance evaluation of dynamic routing based on the use of satellites and intelligent networks“, L. Bella, F. Chummun, M. Conte, G. Fischer and J. Rammer, Wireless Networks 4 (1998), P. 167 - 180, J. C. Baltzer AG, Science Publishes, angegeben.

---

Eine Möglichkeit zur Ermittlung näherungsweise ASR-Werte aus dem Histogramm der Überlaufwerte und aus einem bekannten Histogramm der Verbindungswünsche wird nachstehend angegeben.

Die auf dem Übertragungsweg auftretenden Verbindungswünsche werden gemäß ihrer Zellratenanforderung in Klassen von 1 bis  $K$  eingeteilt. Die  $i$ -te Klasse fordert demnach eine Zellrate von  $b_i$  Zellen pro Sekunde ( $i = 1, \dots, K$ ). Dabei ist  $K$  die Zahl der möglichen unterschiedlichen Zellratenanforderungen.

Die Zahl der in einem Zeitintervall  $T$  beobachteten Überlaufmeldungen von ATM Verbindungswünschen des Typs  $i$  wird im folgenden mit  $n_i$  bezeichnet. Das  $K$ -Tupel  $(n_1, \dots, n_K)$  ist somit das über den Zeitraum  $T$  beobachtete Histogramm der Überlaufmeldungen. Das  $K$ -Tupel  $(p_1, \dots, p_K)$  bezeichnet die als bekannt vorausgesetzte Wahrscheinlichkeitsverteilung der Zellraten der Verbindungswünsche, wobei  $\sum_i p_i = 1$ . Das normierte Histogramm  $(p_1, \dots, p_K)$  kann beispielsweise durch Messungen im voraus bestimmt und falls erforderlich aktualisiert werden.

Zur Bestimmung der Anforderungsrate  $\lambda$  der Verbindungswünsche kann der folgende Zusammenhang herangezogen werden:

$$n_i = \lambda T p_i P\{\text{Wunsch vom Typ } i \text{ wird zurückgewiesen} | \lambda\},$$

$$(i = 1, \dots, K). \quad (1)$$

Es ist  $P\{\text{Wunsch vom Typ } i \text{ wird zurückgewiesen} | \lambda\} =: B_i$  die bedingte Wahrscheinlichkeit für eine Zurückweisung eines Verbindungswunsches vom Type  $i$  durch die Verbindungs-Zugangssteuerung CAC, gegeben die Rate  $\lambda$ .  $B_i$  wird unter anderem durch die Rate  $\lambda$  und durch eine etwaige Fairness-Politik wie bereits weiter oben erläutert, bestimmt. Allgemein besteht der folgende Zusammenhang:  $B_i = P\{\text{verfügbare Zellrate} < b_i | \lambda\} + P\{\text{verfügbare Zellrate} \geq b_i | \lambda\} \cdot P\{\text{Zurückweisung bedingt durch Fairness-Politik}\}$ , wobei  $b_i$  wie oben definiert die geforderte Zellrate bedeutet ( $i=1, \dots, K$ ). Mit Hilfe von Gleichung (1) kann aus dem Histogramm  $(n_1, \dots, n_K)$  und den gegebenen Parametern die Rate  $\lambda$  numerisch bestimmt werden.

Aus der Rate  $\lambda$ , der Verteilung  $(p_1, \dots, p_K)$ , den Mittelwerten der Verbindungsdauern  $\tau_1, \dots, \tau_K$ , den Zellraten  $b_1, \dots, b_K$  und der Kapazität  $C$  des Übertragungsweges wird, beispielsweise gemäß J.S. Kaufman, „Blocking in a Shared Resource Environment“, IEEE Transaction on Communications, COM-29, Nr. 10, pp.1474-1481, October 1981, die stationäre Wahrscheinlichkeitsverteilung der Belegung  $X$  des Übertragungsweges berechnet. Die Wahrscheinlichkeit  $B_i$  kann aus dieser Verteilung unter Berücksichtigung einer etwaigen „Fairness-Politik“ berechnet werden.

Das zeitabhängige Verhalten der Belegung  $X$  kann analog zu der vorhin genannten Literaturstelle „Performance Evaluation.....“ durch die folgende Differentialgleichung beschrieben werden:

$$\frac{dX}{dt} = \sum_{i=1}^K \left( \bar{\lambda}_i(X) - \frac{m_i(X)}{\tau_i} \right) \cdot b_i \quad (2)$$

Dabei ist  $\bar{\lambda}_i(X)$  die Aufbaurrate von Verbindungen vom Typ  $i$  bei Belegung  $X$  ( $i = 1, \dots, K$ ), und  $m_i(X)$  ist die mittlere Anzahl

von bestehenden Verbindungen vom Typ  $i$  ( $i = 1, \dots, K$ ), bei einer Belegung  $X$ .

Zur Lösung der Gleichung (2) können die Funktionen  $m_i(X)$

5 näherungsweise wie folgt angenommen werden:  $m_i(X) = X \cdot \frac{m_i}{X_\infty}$ ,

wobei  $m_i$  die mittlere Anzahl an bestehenden Verbindung vom Typ  $i$  ( $i = 1, \dots, K$ ) im stationären Fall ist und zum Beispiel nach der zuvor erwähnten Literaturstelle „Blocking in a Shared Resource...“ berechnet werden kann. Die Konstante  $X_\infty$  die

10 auch als asymptotische Belegung bezeichnet werden kann (vgl. ~~weiter unten Gleichung (5) beschreibt die mittlere Belegung~~ und ist durch

$$X_\infty = \lambda \cdot \sum_{i=1}^K p_i b_i \tau_i (1 - B_i) \quad (3)$$

15

gegeben. Der Ausdruck  $\sum_{i=1}^K \bar{\lambda}_i(X) b_i$  kann, ähnlich wie in der Literaturstelle „Performance Evaluation.....“, zur näherungsweisen Lösung von (2) ebenfalls als lineare Funktion  $\bar{\lambda}(X)$  angenommen werden, welche die folgenden Bedingungen erfüllt:

20

$$\bar{\lambda}(X_\infty) = \lambda \cdot \sum_{i=1}^K p_i b_i (1 - B_i), \quad (4a)$$

$$\bar{\lambda}(X_s) = \lambda \cdot \sum_{i=1}^K p_i b_i (1 - B_i (C - X_s + \bar{\lambda}(X_s))), \quad (4b)$$

wobei  $C$  die Kapazität des Übertragungsweges ist.  $B_i(C -$

25  $X_s + \bar{\lambda}(X_s))$  ist die Wahrscheinlichkeit einer Zurückweisung für einen Ruf des Typs  $i$ , wenn die Kapazität des Übertragungsweges auf  $C - X_s + \bar{\lambda}(X_s)$  reduziert wird. Es gilt  $B_i(C) = B_i$ . Der Stützpunkt  $X_s$  muss geeignet gewählt werden.

30 Nach Einsetzen dieser linearen Näherungsfunktionen liefert die Differentialgleichung (2) eine Lösung für die zeitabhängige Belegung  $X(t)$  der Form:



$$X(t) = X_{\infty} + (X_0 - X_{\infty})e^{-\frac{t-t_0}{\tau}}, \quad (5)$$

wobei die Konstante  $X_0$  die Belegung zum Zeitpunkt  $t_0$  des letzten Überlaufs, und  $\tau$  eine Abklingzeit bedeutet.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Routen von Verbindungen in einem verbindungsorientierten Kommunikationsnetz, welches Vermittlungsknoten ( $K_i$ ) und Übertragungswege ( $U_{ij}$ ) zwischen den Knoten enthält, wobei den Knoten Routingprozessoren ( $RP_i$ ) zugeordnet sind und mit Hilfe eines Routing-Algorithmus in einem Routingsystem (RSY) in Abhängigkeit von der Häufigkeit der Blockierungsereignisse der Übertragungswege eine Ausweichroute bestimmt wird,  
dadurch gekennzeichnet,  
~~daß in den Routingprozessoren ( $RP_i$ ) von Teilnehmern einlangende ATM-Verbindungsanforderungen hinsichtlich der eingestellten Route überprüft werden, bei Nichtverfügbarkeit dieser Route für die spezifische Verbindungsanforderung eine negative Entscheidung gemeldet und an das Routingsystem (RSY) eine Überlaufmeldung abgegeben wird, welche auch die zugehörige Zellraten-Anforderung des Teilnehmers sowie den aktuellen Füllzustand des Übertragungsweges enthält, und die Ausweichroute unter Berücksichtigung der Häufigkeit der Überlaufmeldungen für bestimmte Zellraten-Anforderungen von anderen Routen die Ausweichroute bestimmt wird.~~
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß aus den Überlaufereignissen ein Histogramm der Überlaufereignisse über der angeforderten Zellrate angefertigt und/oder aktualisiert wird und aus diesem Histogramm unter Zuhilfenahme einer bekannten und vorgegebenen Wahrscheinlichkeitsverteilung der Zellraten-Werte aller Verbindungswünsche ein aktueller Wert des Füllzustandes für den betroffenen Übertragungsweg näherungsweise berechnet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet,

daß die Histogramme in einer regionalen Routingsteuerung (RCP 1 ... RCP N) für sämtliche Übertragungswege einer Region erstellt werden.

- 5 4. Verfahren nach Anspruch 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Histogramme seitens regionaler Routingsteuerungen  
(RCP 1 ... RCP N) zu vorgebbaren Zeitpunkten untereinander  
ausgetauscht werden.

10

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet,

daß die in einer regionalen Routingsteuerung (RCP 1 ... RCP N) bestimmte Ausweichroute dem Quellknoten ( $K_q$ ) bzw. einem  
15 ihm zugeordneten Routingprozessor ( $RP_q$ ) übermittelt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Überlaufmeldung weitere, die Art der angeforderten  
20 Verbindung betreffende Parameter enthält.

7. Verfahren nach Anspruch 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Überlaufmeldung einen Qualitätsparameter enthält.

25

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß entsprechend von Vorgaben des Routingsystems (RSY) lediglich ein bestimmter Anteil der Überlaufereignisse an das Routingssystem gemeldet wird.  
30

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß zusätzlich zu den Überlaufmeldungen zu vorgegebenen Zeit-  
35 punkten Statusmeldungen an das Routingsystem abgegeben werden.

10. Verfahren nach Anspruch 9,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Statusmeldungen den Ist-Füllzustand der Übertragungs-  
wege beinhalten.

5

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Meldung einer negativen Entscheidung ab einem vorgeb-  
baren Füllzustand der Route auch für solche Verbindungswün-  
sche erfolgt, deren Zellraten-Anforderungen bei diesem Füll-  
zustand erfüllbar wären.

10

---

12. Verfahren nach Anspruch 11,  
dadurch gekennzeichnet,

15

daß Meldungen negativer Entscheidungen bei an sich erfüllba-  
ren Zellraten-Anforderungen nach einem vorgebbaren, z. B.  
einem pseudostochastischen Muster erfolgen.

## Zusammenfassung

## Verfahren zum Routen von Verbindungen in einem ATM-Netz

- 5 Ein Verfahren zum Routen von Verbindungen in einem verbindungsorientierten Kommunikationsnetz, welches Vermittlungsknoten ( $K_i$ ) und Übertragungswege ( $U_{ij}$ ) zwischen den Knoten enthält, bei welchem den Knoten Routingprozessoren ( $RP_i$ ) zugeordnet sind und mit Hilfe eines Routing-Algorithmus in
- 10 einem Routingsystem (RSY) in Abhängigkeit von der Häufigkeit der Blockierungsereignisse der Übertragungswege eine Ausweichroute bestimmt wird, ~~in den Routingprozessoren ( $RP_i$ ) von~~
- Teilnehmern einlangende ATM-Verbindungsanforderungen hinsichtlich der eingestellten Route überprüft werden, bei
- 15 Nichtverfügbarkeit dieser Route für die spezifische Verbindungsanforderung eine negative Entscheidung gemeldet und an das Routingsystem (RSY) eine Überlaufmeldung abgegeben wird, welche auch die zugehörige Zellraten-Anforderung des Teilnehmers sowie den aktuellen Füllzustand des Übertragungsweges
- 20 enthält, und die Ausweichroute unter Berücksichtigung der Häufigkeit der Überlaufmeldungen für bestimmte Zellraten-Anforderungen von anderen Routen die Ausweichroute bestimmt wird.

35 Fig. 1

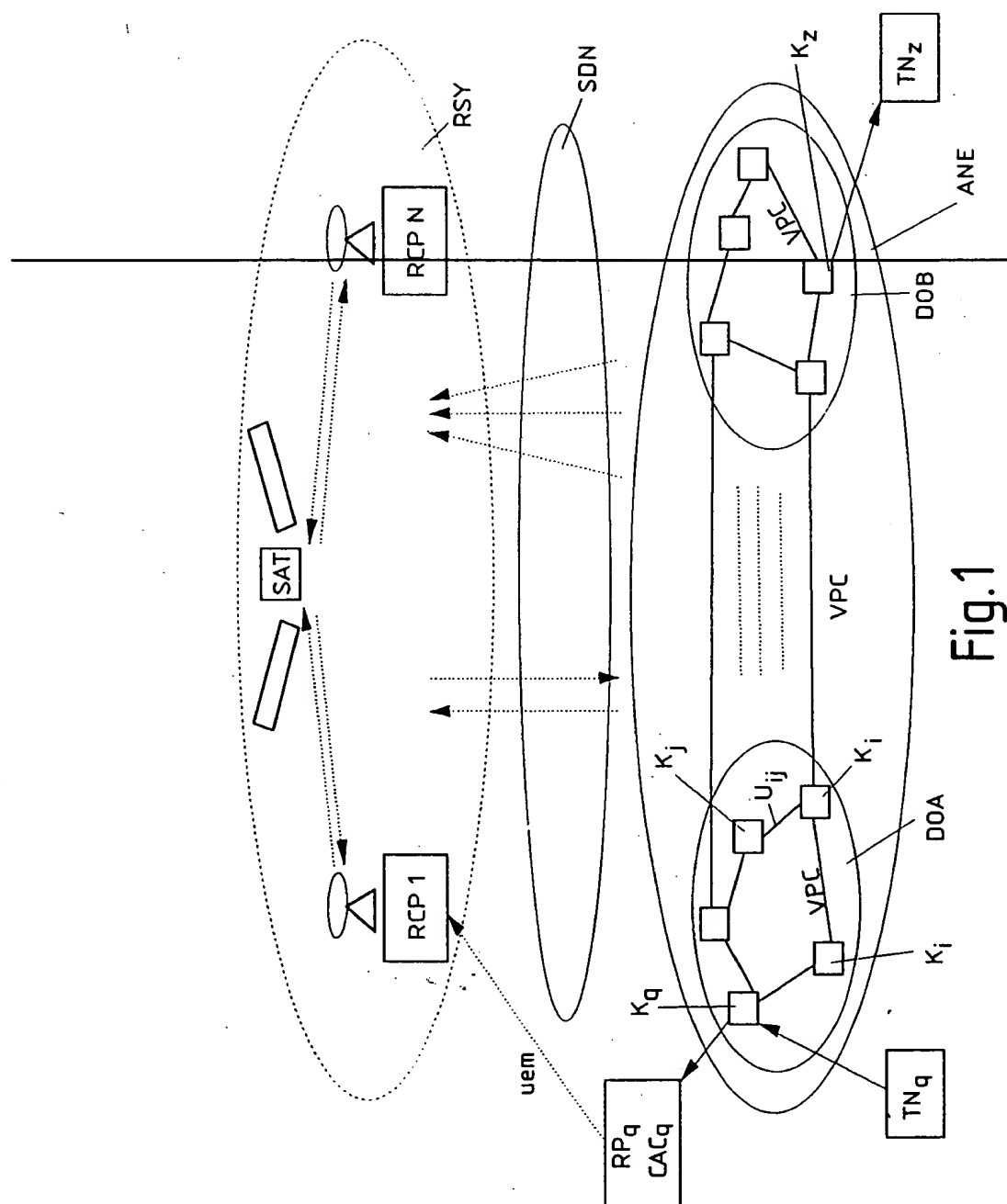


Fig. 1

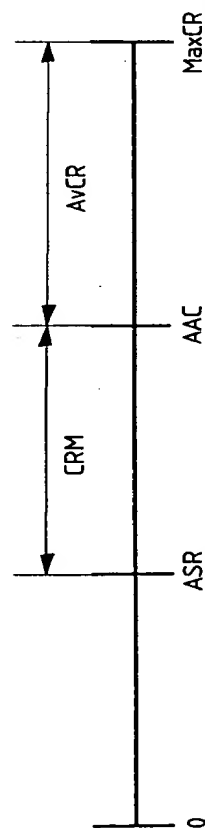


Fig. 2

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**